

УДК 664.8.022.3:633.842

DOI: 10.15587/1729-4061.2018.147768

Стабілізація природного кольору перцю солодкого (*Capsicum annuum* L.) під час його переробки**А. А. Дубініна, Т. М. Летута, Т. В. Щербакова, Г. А. Селютіна,
В. А. Афанасьєва, О. П. Юдічева, О. В. Калашник, А. А. Самойленко**

Досліджено вплив різних параметрів технологічної обробки на ступінь руйнування хлорофілів і зміну зеленого кольору перцю солодкого (*Capsicum annuum* L.). Установлено, що температура та тривалість її дії на перець солодкий під час первинної теплової обробки перетворюють його природний зелений колір на жовтий з коричневим відтінком. Представлено експериментальні спектри інтенсивності світлопоглинання зразків перцю солодкого, які дозволяють встановити закономірності впливу часу та температури на колір і ступінь руйнування хлорофілів.

Під час бланшування руйнується від 25,2 до 59,2 % загальної кількості хлорофілів від вихідного значення залежно від температури води. Установлено, що тривалість процесу бланшування також негативно впливає на вміст хлорофілів: залежно від часу протікання процесу руйнується 20,2–61,7 % від вихідного вмісту. Наведені експериментальні спектри дифузного відбиття для непрозорих об'єктів дозволили визначити залежність кольору оброблених у відварі *Xanthium strumarium* зразків перцю від різних чинників технологічного процесу.

Показано, що використання відвару натуральної рослинної сировини *Xanthium strumarium* для обробки зразків призводить до стабілізації зеленого кольору перцю у порівнянні із бланшованих у воді. Досліджено вплив концентрації *Xanthium strumarium*, температури та часу витримки у відварі на колір зразків перцю. Використання розрахованих на основі отриманих спектральних коефіцієнтів відбиття за методом CIE XYZ кольоропараметричних характеристик – домінуюча довжина хвилі (λ , нм), чистота кольору (P , %), яскравість (T , %) – дозволили провести порівняльну оцінку кольору дослідних зразків перцю у порівнянні із свіжими зразками (контроль-1), а також із зразками, бланшованими у воді (контроль-2).

Проведений багатofакторний експеримент дозволив провести оптимізацію параметрів технологічної обробки зразків перцю у відварі *Xanthium strumarium*. Основними параметрами обробки перцю солодкого є 1 % відвар *Xanthium strumarium*, температура обробки – 75 °C, тривалість обробки – 15 хв.

Ключові слова: перець солодкий, технологічна обробка, стабілізація пігментів, кольоропараметричні характеристики

1. Вступ

Серед овочевих рослин, що входять до раціону харчування людини, перець займає одне з головних місць, оскільки його плоди володіють не тільки високими смаковими, дієтичними і поживними властивостями, але також відрізняються підвищеним вмістом вітамінів і інших бар. Вміст аскорбінової кислоти в зеленому перцю складає 150...180 мг %, в зрілих – 300...480 мг %. Перець солодкий також служить постачальником для організму людини низькомолекулярних фенолових сполук (флавонолів, катехінів, антоціанів і ін.), що володіють Р-вітамінною активністю. Перець солодкий відрізняється також високим вмістом каротиноїдів – до 12 мг %. За вмістом вітамінів групи В перець солодкий займає серед овочів провідне місце. У них вітаміну В₁ міститься 60 мг %, В₂ – 30 мг % і В₉ – 17 мг %. Більше всього в перці міститься солей калію (близько 50 % від загальної кількості всієї золи), крім того містяться солі натрію (13...16 % всієї золи), кальцію, магнію, заліза (16 % всієї золи), алюмінію, фосфору, сірки, хлору, кремнію, марганцю, міді, цинку, фтору, йоду. Усі вказані компоненти є важливими у харчуванні людини [1].

Колір солодкого перцю залежить від вмісту і співвідношення природних барвних речовин. Зелений колір обумовлений переважною кількістю хлорофілів а і b, жовтий і червоний – загальною кількістю і співвідношенням окремих каротиноїдів.

Зелений колір перцю легко змінюється на непривабливий сіро-зелений з коричневим відтінком під дією багатьох чинників.

Дослідники шукають можливі способи поліпшення колірних характеристик консервованих продуктів з рослинної сировини. Однак загальноприйнятого способу не існує, оскільки колір, по-перше, формується складом пігментного комплексу вихідної сировини. На зміну пігментного комплексу істотно впливають технологічні операції - різні види механічної і теплової обробки. Крім цього, колір формують за рахунок використання харчових добавок, які мають протекторну дію до кольору, або додаванням природних або штучних барвників для корекції кольору. Однак використання багатьох речовин є дуже небезпечним для здоров'я людини, тому виникає необхідність контролювати їх вміст у харчових продуктах. Деякі способи складні технічно і потребують переобладнання виробництв, ефективність багатьох способів викликає сумніви.

Тому актуальним є пошук нових ефективних і безпечних методів стабілізації зеленого кольору перцю, які дозволять розширити асортимент якісної і здорової їжі, що матиме переваги для споживачів.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Багато досліджень присвячено визначенню способів переробки перцю солодкого переважно червоного кольору, оскільки каротиноїди під час переробки більш стійкі до дії світла, температури, рН-середовища [2–4]. Значно менше присвячено визначенню вмісту хлорофілів у рослинній сировині і перетворенням їх у продуктах переробки. Так, в роботі [5] наведені результати

досліджень різних консервованих продуктів зелених овочів. Показано, що в них виявлені феофітини, феофорбіди і інші похідні хлорофілів.

Це пов'язано з тим, що під дією мінеральних кислот, навіть дуже слабких, відбувається відщеплення Mg^{2+} від хлорофілів а і b з утворенням відповідних похідних – феофітинів а і b. Це негативно впливає на забарвлення, яке із яскраво-зеленого перетворюється на сіро-зелене (оливкове).

Встановлено, що для поліпшення забарвлення деяких продуктів використовувалися харчові барвники, отримані з хлорофілу, такі як Cu-хлорофіліни, Cu-феофітини, Cu-ферофорбіди і інші.

Також високі температури та час їхньої дії, кисень повітря призводять до трансформації хлорофілів з утворенням темно-забарвлених сполук, що незворотно змінює вихідний колір рослинної сировини. Проведені дослідження по впливу мікрохвильової обробки (1000 Вт протягом 340 с) та традиційної пастеризації (при 97 °C протягом 30 с) пюре з ківі як на загальну кількість каротиноїдів і хлорофілів, так і на окремі сполуки, показали, що обидва способи теплової обробки приводили до помітних втрат хлорофілів (від 42 до 100 %) і каротиноїдів (від 62 до 91 %) [6]. Таким чином, залишилися не вирішеними питання збереження хлорофілів і кольору пюре.

В роботі [7] представлено результати комбінованого конвективного, мікрохвильового та інфрачервоного висушування зеленого перцю. Експерименти показали, що конвективна сушка з використанням як мікрохвильового, так і інфрачервоного випромінювання, значно скоротила час сушки, дозволила краще зберегти вміст вітаміну С, поліпшити колір продукту. Але цей спосіб приготування можна використати лише для порошкоподібних продуктів.

Авторами [8] вивчалися різні види термообробки подрібнених плодів зеленого перцю на загальний вміст хлорофілу і кольору за системою L^* , a^* , b^* . Встановлено, що після термообробки загальний хлорофіл варіювався від $4,44 \pm 0,04$ і $2,61 \pm 0,04$ мг/100 г перцю, а колір поверхні зеленого перцю не залежав від різних методів приготування, оцінених в цьому дослідженні.

Хлорофіли не тільки впливають на споживні властивості продуктів харчування своїм кольором, але і підвищують харчову цінність, формують фізіологічну цінність, лікувально-профілактичні властивості продукту. Цікавість до хлорофілів можна пояснити тим, що вони забезпечують необхідну активність антиокислювальної системи – універсальної регулюючої системи організму людини, яка контролює рівень вільно-радикальних реакцій окислення і перешкоджає накопиченню токсичних продуктів. Підтвердженням тому є роботи, у яких за результатами проведених експериментів встановлено, що екстракт хлорофілу мікроводоростей *Phormidium autumnale* є потужним поглиначем пероксильних радикалів, який майже у 200 разів ефективніший, ніж α -токоферол [9].

Також відомі антимікробні, антимутагенні, антиоксидантні властивості хлорофілів. Японськими вченими встановлено, що лінійні похідні хлорофілу (філлобіліни), представлені в основному у фруктах, мають значні переваги перед іншими антиокислювачами. Метаболіти хлорофілу у жовтих японських

сливах виявляють антиоксидантні властивості, що значно підвищує антиоксидантний потенціал цих плодів разом із фенольними сполуками, каротиноїдами, вітамінами С, РР та ін. [10].

Аналіз літературних даних показав, що під час переробки сировини відбувається перетворення хлорофілів за участі різних чинників. Встановлено, що універсального методу запобігання руйнування хлорофілів і вихідного кольору сировини не існує. Тому необхідні пошуки нових способів з урахуванням особливостей сировини, впливу зовнішніх факторів на активність протікання різних процесів під час переробки.

3. Мета та завдання дослідження

Проведені дослідження ставили за мету визначення впливу параметрів технологічної обробки на ступінь руйнування хлорофілів і зміну кольору перцю солодкого.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні завдання:

- визначити вплив температури та часу бланшування на ступінь руйнування хлорофілів зеленого перцю;
- визначити вплив обробки зразків перцю у відварі *Xanthium strumarium* на стабілізацію їх кольору;
- визначити технологічні параметри обробки перцю за допомогою кольоропараметричних характеристик.

4. Матеріали та методи дослідження

Об'єктом дослідження було обрано перець солодкий (*Capsicum annuum* L.) зеленого кольору. Ступінь руйнування хлорофілів під впливом температури та часу бланшування визначали вимірюванням світлопоглинання екстрактів пігментного комплексу, вилучених із зразків перцю солодкого після бланшування. Для цього наважку зразка розтирали у ступці з 5 мл органічного розчинника у присутності кварцового піску і $MgCO_3$ для запобігання руйнування хлорофілів. Після цього суміш переносили на скляний фільтр, який промивали до повного видалення пігментів. Екстракти кількісно переносили у мірну колбу на 50 см³, об'єм екстракту доводили до мітки розчинником.

Інтенсивність світлопоглинання знімали на СФ-2000 при 662 нм. Загальний вміст хлорофілів розраховували за формулою. Ступінь руйнування хлорофілів у дослідних зразках визначали по відношенню до зразка свіжого перцю.

З метою визначення стабілізуючої дії натуральної сировини *Xanthium strumarium* на колір перцю солодкого готували відвар у різному співвідношенні *Xanthium strumarium* : вода (0,5:99,5; 1:99; 2:98; 3:97; 4:96). Піддавали тепловій обробці при температурі 96–98 °С протягом 20 хвилин. Відвар настоювали, охолоджували до температури 18 °С, видаляли з відвару *Xanthium strumarium*. Перець подрібнювали, витримували у відварі при різних температурах і тривалості часу. Вимірювали коефіцієнти дифузного відбиття оброблених зразків вимірювали на спектрофотометрі Techkon SP-810 у діапазоні 400...700 нм з кроком у 10 нм та кількістю циклів накопичення – 20, по закінченню

вимірювання за допомогою вбудованого програмного забезпечення SFScan визначали кольорові характеристики досліджуваних зразків в системі CIE XYZ. Ця модель є найбільш близькою до відчуттів реального спостерігача.

За допомогою програмного забезпечення SFScan визначали інтегральні координати кольору X,Y,Z. Координати кольору умовно виражені у відносних одиницях системи МКО та безрозмірні. За отриманими даними розраховували координати кольоровості (x, y), які дозволяють визначити параметри «домінуюча довжина хвилі» у нм, «яскравість» у %, «чистота кольору» у %.

Повторюваність усіх дослідів була п'ятиразова. Результати досліджень обробляли за допомогою методів математичної статистики й кореляційного аналізу на ПК за допомогою програм Microsoft Word, Microsoft Excel та MathCad.

5. Результати дослідження впливу параметрів технологічної обробки на загальний вміст хлорофілів і колір у перці солодкому

5. 1. Визначення впливу температури та часу бланшування на ступінь руйнування хлорофілів зеленого перцю

З великого числа можливих прийомів теплової кулінарної обробки у даному дослідженні було обране бланшування, так як втрати хлорофілу при даному способі теплової кулінарної обробки мінімальні.

Одним з важливих факторів під час технологічної переробки перцю є температура бланшування. Також був досліджений вплив тривалості вказаного процесу. Бланшування проводили у воді за різних температур протягом 10 хв. Після цього знімали спектри світлопоглинання екстрактів пігментного комплексу, вилучених із зразків, у видимому діапазоні світла 400–700 нм. В якості контролю обрано свіжий зелений солодкий перець (рис. 1).

Отримана крива для свіжого перцю (рис. 1, крива 1) має поглинання у червоній області спектру (600...700 нм), інтенсивне світлопоглинання на кордоні УФ та видимої областей (400...500 нм), мінімальне світлопоглинання у діапазоні 500...600 нм. Інтенсивне світлопоглинання у діапазоні 400...500 нм відносять до характерного для тетрапірольного макроциклу хлорофілів і ідентифікують як смуги Core при 430,2 нм хлорофілу *a* і 455,0 нм хлорофілу *b*. Ширина смуги поглинання (~100 нм) й плече у бік зростання довжини хвиль вказує на наявність в екстракті речовин, що також поглинають в цьому діапазоні.

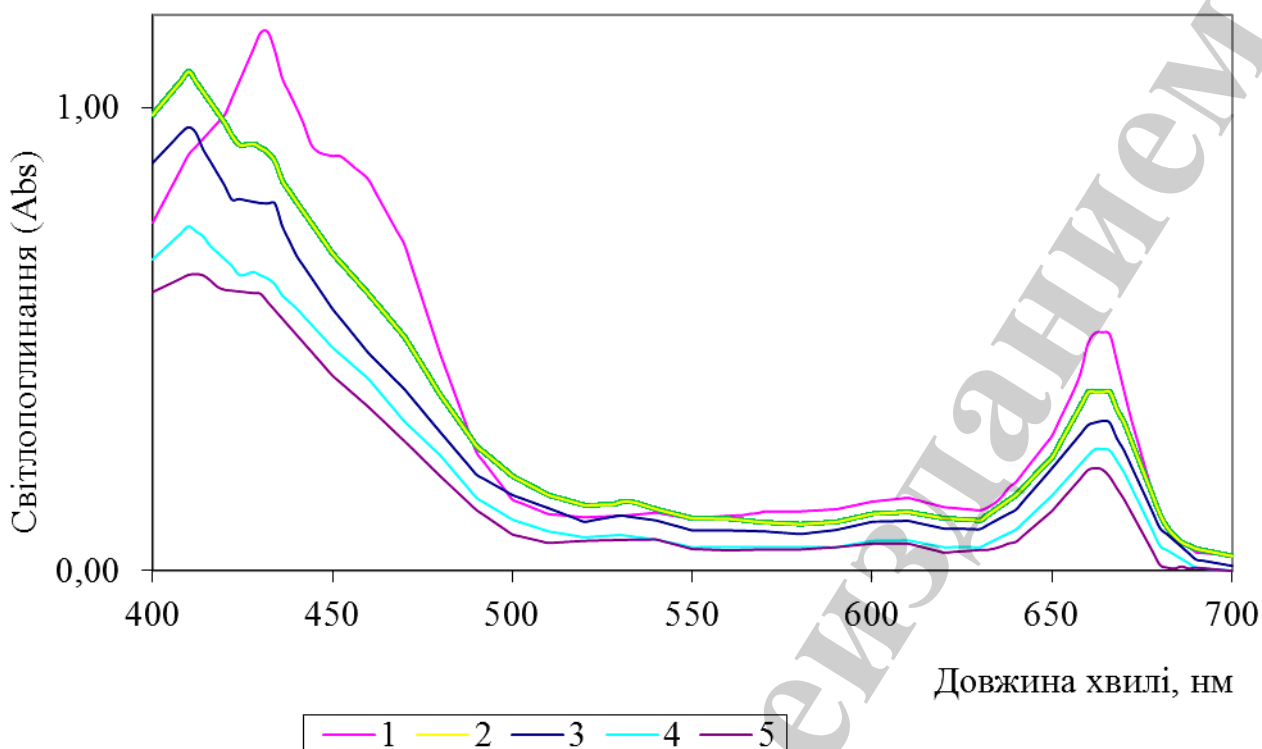


Рис. 1. Світлопоглинання екстрактів пігментного комплексу перцю солодкого при температурі бланшування: 1 – контроль свіжий перець, 2 – 70 °C, 3 – 80 °C, 4 – 90 °C, 5 – 100 °C

Смуга світлопоглинання у діапазоні 650...700 нм для усіх екстрактів практично однакова, різниця лише в інтенсивності при λ_{max} . Але характер другої, більш інтенсивної, смуги світлопоглинання у короткохвильовій області спектру різний для означених екстрактів.

Отримані результати показали, що під час бланшування при температурі 70 °C відбувається руйнування 25,2 %, при 80 °C – 37,3 %, при 90 °C – 48,9 %, при 100 °C – 59,2 % від загального вмісту хлорофілів у зразках. Візуально спостерігається зміна кольору зразків перцю залежно від ступеня руйнування загального хлорофілу: від насиченого зеленого до світлого жовто-зеленого.

Дослідження впливу часу бланшування при температурі 70°C на збереження загального вмісту хлорофілів показали, що під час бланшування протягом 5 хв. руйнується 20,2 %, 10 хв. – 25,0 %, 15 хв. – 38,8 %, 20 хв. – 50,1 %, 25 хв. – 61,7 % від вихідного вмісту (рис. 2).

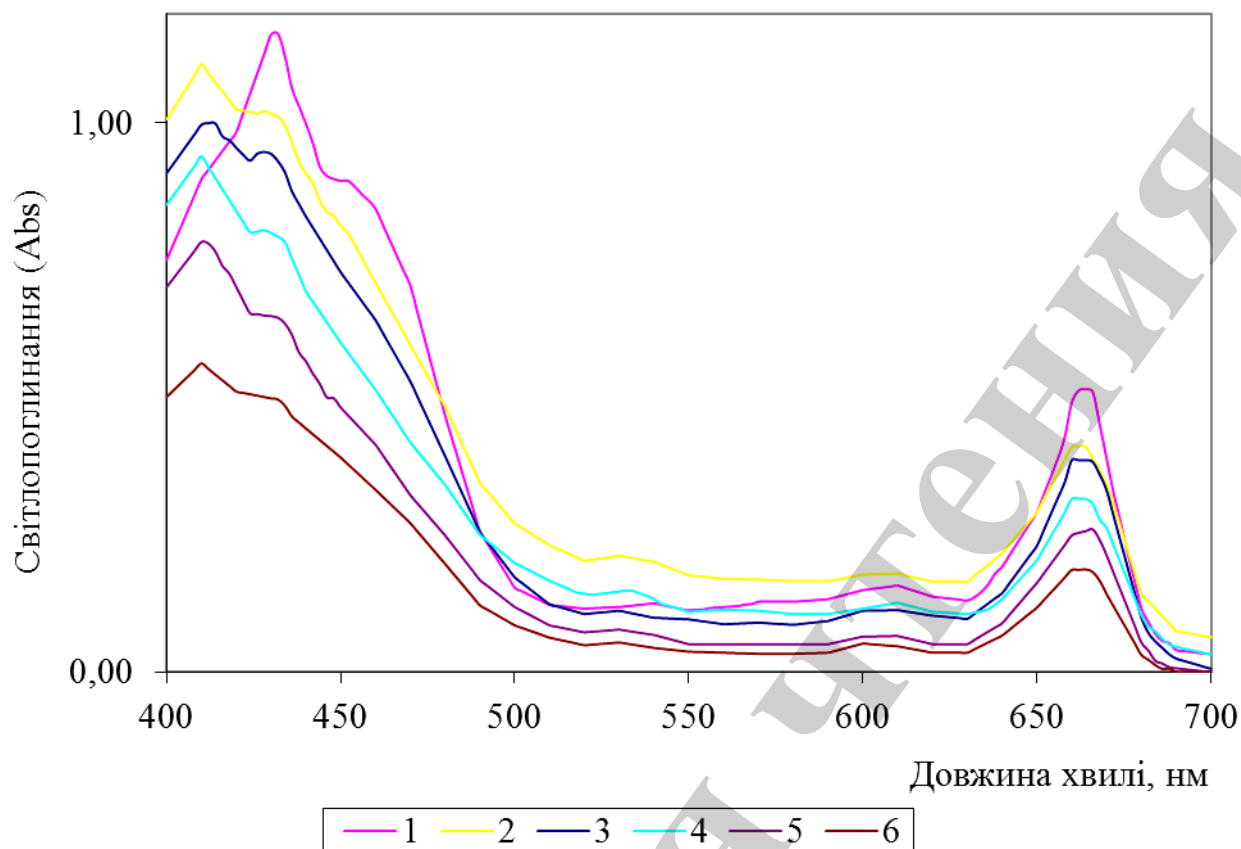


Рис. 2. Світлопоглинання екстрактів пігментного комплексу перцю солодкого при 70 °С протягом: 1 – контроль свіжий перець, 2 – 5 хв, 3 – 10 хв, 4 – 15 хв, 5 – 20 хв, 6 – 25 хв

Візуально відбувається зміна кольору зразків перцю від насиченого зеленого до світлого жовто-зеленого з коричневим відтінком залежно від часу нагрівання.

5. 2. Визначення впливу обробки зразків перцю *Xanthium strumarium* на стабілізацію їх кольору

Для збереження кольору зеленого перцю було обрано *Xanthium strumarium*, яку заливали водою, піддавали тепловій обробці при температурі 96–98 °С протягом 20 хвилин. Відвар охолоджували до температури 18 °С, видаляли *Xanthium strumarium*. Відвар використовували для бланшування зеленого перцю.

З метою визначення оптимальних умов обробки для збереження кольору зеленого перцю був проведений багатофакторний експеримент. За перемінні обрано концентрації *Xanthium strumarium*, температура та тривалість обробки. Критерієм ефективності обробки були обрані кольорові характеристики зразків, які визначали за допомогою спектральних коефіцієнтів дифузного відбиття. Для цього зразки перцю піддавали обробці, після закінчення знімали спектри відбиття.

На першому етапі досліджували вплив концентрації (0,5–4 %) *Xanthium strumarium* на колір зеленого перцю, який витримували при температурі 90 °С протягом 20 хв. В якості контролю-1 брався свіжий зелений солодкий перець, а в якості контролю-2 – зелений солодкий перець, оброблений у воді при тих самих умовах.

Визначені спектральні характеристики показали, що крива 1 (свіжий перець насиченого зеленого кольору) відрізняється від інших низькими коефіцієнтами відбиття, максимальні значення яких знаходяться у діапазоні 430–500 нм (рис. 3). Цей діапазон характеризує зелену складову кольору світла. Інші криві мають практично однакову форму, але різні за величиною коефіцієнти відбиття, максимум яких приходить на діапазон 490-530 нм, який характеризує зелену складову кольору світла. Таким чином, під час обробки відбувається зростання довжини хвилі.

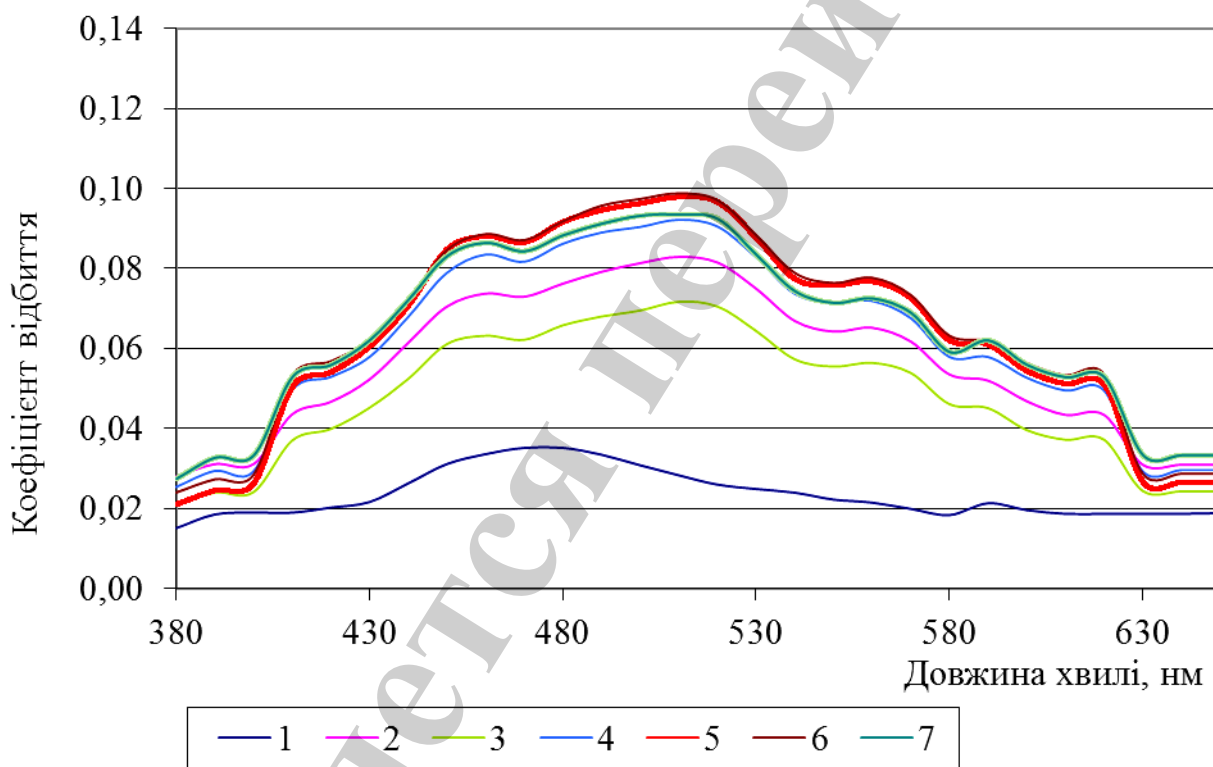


Рис. 3. Спектри відбиття зразків перцю, витриманих у відварі *Xanthium strumarium* різної концентрації протягом 20 хвилин при температурі 90 °С: 1 – контроль-1, 2 – 3 %, 3 – 1 %, 4 – 0,5 %, 5 – 2 %, 6 – контроль-2, 7 – 4 %

На другому етапі досліджували вплив температури на колір зразків перцю. Також були зняті спектри відбиття зразків перцю, оброблених при різних температурах (75–95 °С) в *Xanthium strumarium* протягом 20 хвилин (рис. 4).

Отримані спектральні характеристики показали однакову форму кривих для оброблених зразків на відміну від зразка свіжого перцю насиченого зеленого кольору (рис. 4, крива 1). Коефіцієнти відбиття зросли майже у тричі у

порівнянні із контролем-1, максимум відбиття також знаходиться у діапазоні 480–530 нм.

На наступному етапі визначали вплив часу обробки на колір зразків перцю. Спектри відбиття зразків, витриманих у відварі *Xanthium strumarium* з концентрацією 1 % при температурі 70 °С протягом певного часу (від 5 до 25 хвилин), наведено на рис. 5.

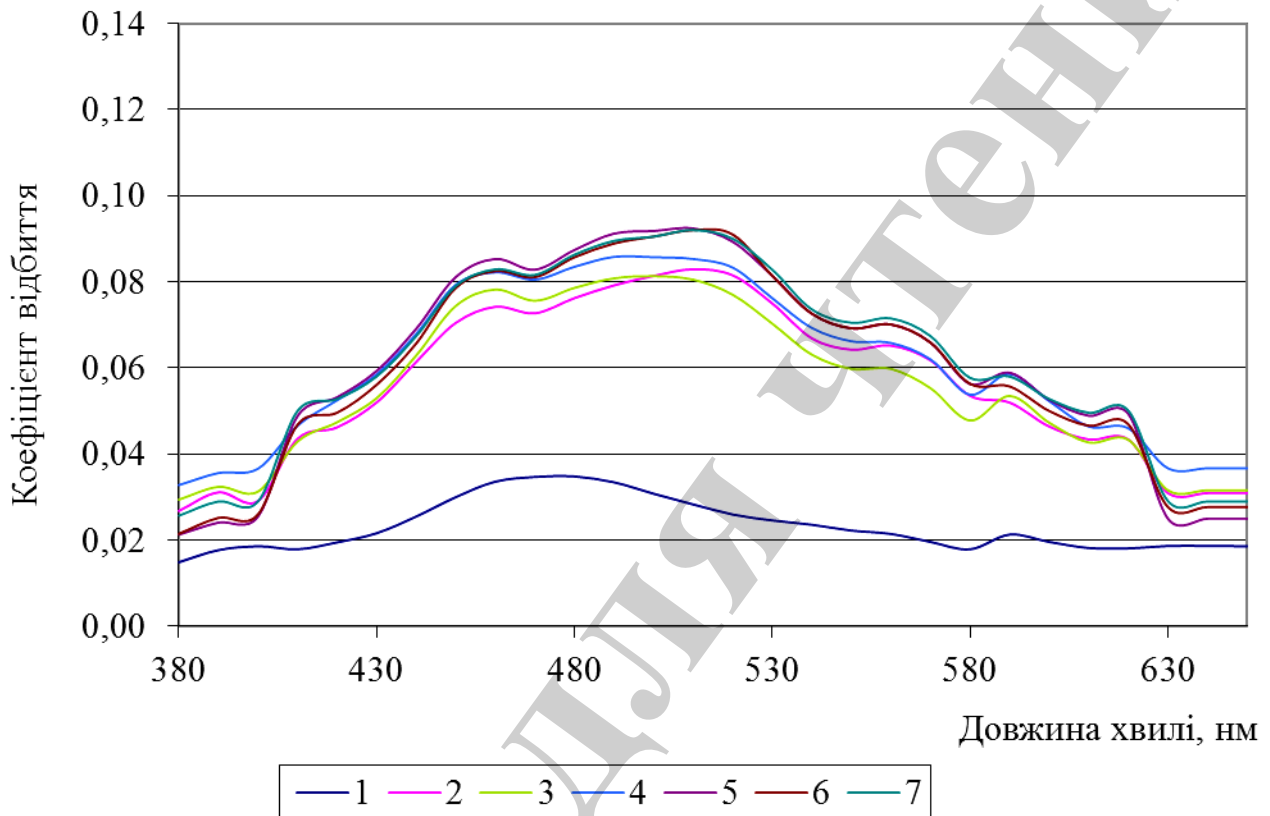


Рис. 4. Спектри відбиття зразків перцю, витриманих у 1 % відварі *Xanthium strumarium* протягом 20 хвилин при температурі: 1 – контроль-1, 2 – 80 °С, 3 – 70 °С, 4 – 75 °С, 5 – контроль-2, 6 – 85 °С, 7 – 90 °С

Спектральні характеристики також показали однакову форму кривих для оброблених зразків на відміну від зразка свіжого перцю (рис. 5, крива 1). Втім, коефіцієнти відбиття різні за величиною, максимум відбиття також знаходиться у діапазоні 480–530 нм.

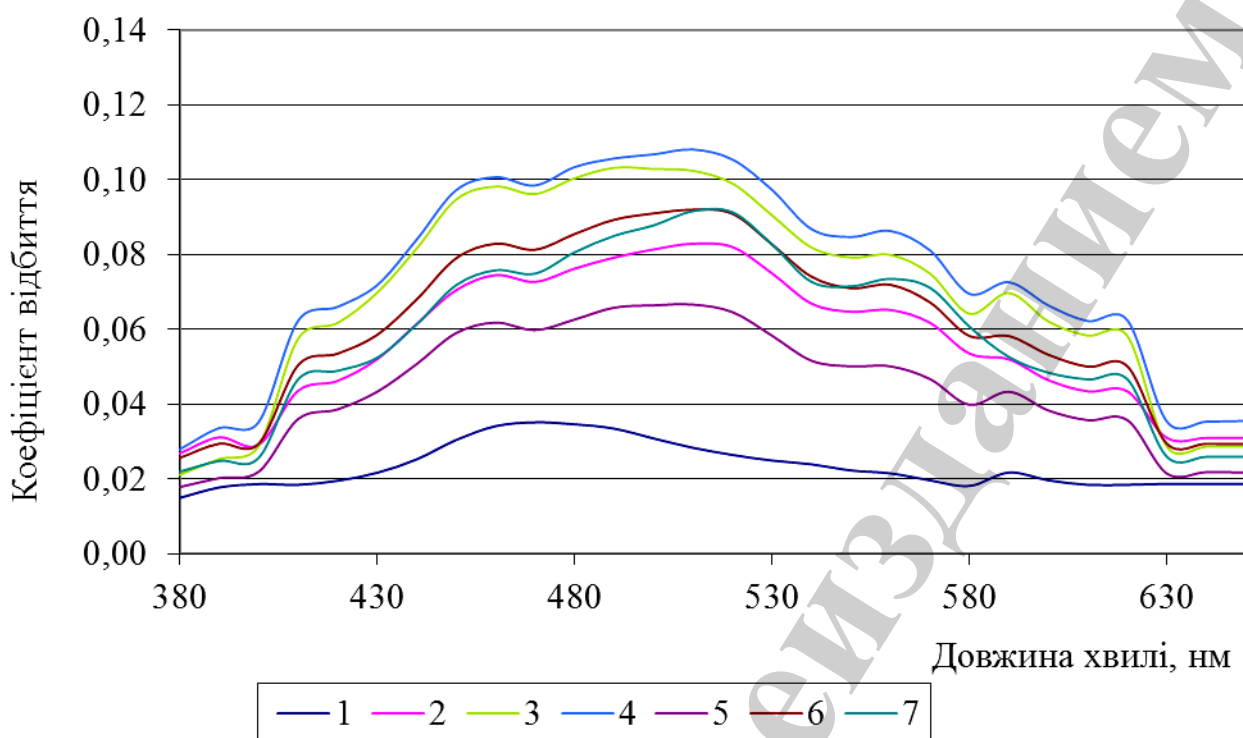


Рис. 5. Спектри відбиття зразків перцю, витриманих у 1 % відварі *Xanthium strumarium* при температурі 70 °С протягом: 1 – контроль-1, 2 – 10 хв, 3 – 15 хв, 4 – контроль-2, 5 – 5 хв, 6 – 20 хв, 7 – 25 хв

5. 3. Визначення технологічних параметрів обробки перцю за допомогою кольоропараметричних характеристик

За отриманими спектрами відбиття були розраховані кольорові характеристики дослідних зразків за методом CIE XYZ (табл. 1).

Для зразка свіжого перцю домінуюча довжина хвилі складає 515 нм, вона знаходиться у синьо-зеленій області видимого світла. Низьке значення параметру «яскравість», що становить 25,71 %, вказує на насиченість кольору зразка.

Як показали результати, витримування зразків перцю у відварах *Xanthium strumarium* різної концентрації при температурі 90 °С протягом 20 хв суттєво не впливає на стабілізацію кольору. Домінуюча довжина хвилі знаходиться зростає до 550–553 нм, що характеризує жовто-зелену складову кольору світла. Чистота кольору коливається у межах 40,2–45,0 %, яскравість зразків у порівнянні із свіжим перцем (контроль-1) зростає до 35,04–38,02 %, що вказує на посвітління зразків.

Зменшення температури з 90 °С до 70 °С зменшує зростання домінуючої довжини хвилі до 530–535 нм, що характеризує зелену складову кольору світла. Поступово зменшується і параметр «яскравість», чистота кольору при цьому збільшується з 44,73 % до 76,52 %.

Таблиця 1

Вплив параметрів обробки перцю солодкого на його кольоропараметричні характеристики у системі CIE XYZ

Зразок	Параметри обробки			Кольоропараметричні характеристики		
	Конц. Xanthium strumarium у відварі, %	Тривалість обробки, хв	Температура обробки, °C	Домінуюча довжина хвилі, нм	Чистота кольору, %	Яскравість, %
Контроль-1	—	—	—	515	39,41	25,71
Контроль-2	—	—	—	560	44,13	51,57
Перець оброблений	0,5	20	90	553	41,27	36,73
	1,0	20	90	552	44,73	39,72
	2,0	20	90	553	40,24	37,08
	3,0	20	90	550	41,17	38,02
	4,0	20	90	551	45,00	35,04
	1,0	20	70	530	76,52	30,68
	1,0	20	75	535	73,63	31,89
	1,0	20	80	531	48,54	34,89
	1,0	20	85	537	48,69	35,81
	1,0	20	90	552	44,73	39,72
	1,0	5	70	529	73,16	31,75
	1,0	10	70	533	77,23	33,71
	1,0	15	70	537	61,42	33,01
	1,0	20	70	530	76,52	30,68

Тривалість обробки зразків при температурі 70 °C також позитивно впливає на вказані параметри: значення домінуючої довжини хвилі свідчить, що спектральний колір зразків залишається у зеленій області світла. Із зростанням тривалості обробки зразків параметр «яскравість» зменшується, тобто колір стає більш насиченим. Візуальна оцінка кольору усіх зразків дозволяє характеризувати його як зелений різної інтенсивності.

6. Обговорення результатів дослідження впливу обробки на збереженість кольору у перці солодкому

Наявність хлорофілів а і b обумовлює зелене забарвлення зелених сортів перцю солодкого. Втім, кулінарна обробка плодів викликає зміну їх кольору. Причиною цього є руйнування природних пігментів під дією різних факторів: температури, терміну її дії, рН-середовища, кисень повітря. Відомо, що під час теплової обробки органічні кислоти частково випаровуються і зелене забарвлення овочів краще зберігається, тому їх не обробляють у закритому посуді.

Для визначення ступеня руйнування хлорофілів у перці солодкому зеленого забарвлення проводили бланшування у воді. Результати показали, що температура суттєво впливає на руйнування хлорофілів. Це пов'язано з тим, що у плодах перцю хлорофіли знаходяться в протоплазмі у вигляді хлоропластів і

з'єднані з білками і ліпідами. У свіжому перці хлоропласти захищені від дії органічних кислот шаром протоплазми. Після подрібнення та під час теплової обробки білки протоплазми згортаються і кислоти клітинного соку руйнують хлорофіли. Під дією кислот хлорофіли втрачають магній і переходять у відповідні похідні зелено-бурого кольору феофітин а і феофітин b.

Чим вища температура, тим активніше відбувається цей процес, і насичений зелений колір зразків поступово змінюється на жовто-зелений. Це пов'язано з тим, що швидкість руйнування синьо-зеленого хлорофілу а вища за швидкість руйнування жовто-зеленого хлорофілу b. Через загальне руйнування хлорофілів поступово проявляється жовтий колір каротиноїдів, які також присутні у пігментному комплексі перцю. Вони непомітні через зелений колір різної насиченості плодів перцю. Знебарвлення і накопичення продуктів деградації негативно впливає на загальний колір оброблених зразків.

Дію температури прискорює тривалість її дії. Результати показали, що збільшення часу обробки з 5 хв до 25 хв при тій самій температурі у три рази збільшує руйнування хлорофілів. Візуально спостерігається поступова зміна кольору зразків перцю від насиченого зеленого до жовто-зеленого кольору з коричневим відтінком.

Для стабілізації кольору обрано натуральну сировину *Xanthium strumarium*, відваром якої обробляли зразки подрібненого зеленого перцю. З метою визначення оптимальних умов обробки проведено дослідження залежності параметрів кольору сировини від концентрації *Xanthium strumarium*, температури та тривалості обробки.

Результати показали, що температура витримування у 90°C не дає суттєвого стабілізуючого ефекту збереження кольору зразків перцю. При цій температурі відбувається активне руйнування хлорофілів навіть при концентрації 4 %. Більшу концентрацію недоцільно використовувати, оскільки проявляється суттєвий вплив відвару *Xanthium strumarium* на інші органолептичні показники готового продукту.

Дослідження впливу різних температур дозволили встановити, що чим менша температура, тим краще зберігається колір зразків. Значення параметру «домінуюча довжина хвилі» вказує, що спектральний колір зразків знаходиться у зеленій складовій кольору видимого світла, що підтверджується і зростанням параметру «чистота кольору». Збільшується насиченість кольору зразків на відміну від насиченості кольору при високих температурах, що підтверджується зменшенням значень параметру «яскравість».

Мінімальна тривалість обробки (5 хв) добре зберігає колір зразків перцю, але вона не є достатньою для розм'якшення тканин для подальшої гомогенізації з метою отримання однорідного продукту.

Як свідчать результати експерименту, із зростанням тривалості обробки зразків у відварі *Xanthium strumarium* їх колір стабілізується і стає більш насиченим у порівнянні із бланшованим у воді зразком (контроль-2). Візуально колір усіх оброблених зразків характеризується як зелений різної інтенсивності.

Таким чином, оптимальними параметрами обрано витримування подрібненого перцю у 1 % відварі *Xanthium strumarium* при температурі 70°C протягом 15 хв.

7. Висновки

1. Бланшування при різних температурах від 70 °С до 100 °С, які дозволяють інактувати ферменти і попередити покорічневіння зразків перцю, призводить до руйнування хлорофілів від 25,2 % до 59,2 %. Візуально спостерігається зміна кольору зразків перцю від насиченого зеленого до світлого жовто-зеленого.

2. Термін бланшування протягом 5–25 хв. при мінімальній температурі 70 °С викликає руйнування хлорофілів від 20,2 % до 61,7 % від вихідного вмісту. Візуально спостерігається зміна кольору зразків перцю від насиченого зеленого до жовто-коричневого.

3. Кольоропараметричні характеристик дозволили оптимізувати параметри технологічної обробки зразків перцю 1 % відваром *Xanthium strumarium* протягом 15 хв. при температурі 75 °С.

Литература

1. World Declaration on Nutrition // FAO Corporate Document Repository. URL: <http://www.fao.org/docrep/u9920t/u9920t0a.htm>
2. Impact of the industrial freezing process on selected vegetables -Part II. Colour and bioactive compounds / Mazzeo T., Paciulli M., Chiavaro E., Visconti A., Fogliano V., Ganino T., Pellegrini N. // Food Research International. 2015. Vol. 75. P. 89–97. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.05.036>
3. Evolution and modeling of colour changes of red pepper (*Capsicum annuum* L.) during hot air drying / Yang X.-H., Deng L.-Z., Mujumdar A. S., Xiao H.-W., Zhang Q., Kan Z. // Journal of Food Engineering. 2018. Vol. 231. P. 101–108. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.03.013>
4. Blanching peppers using microwaves / Dorantes-Alvarez L., Jaramillo-Flores E., González K., Martínez R., Parada L. // Procedia Food Science. 2011. Vol. 1. P. 178–183. doi: <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.028>
5. A fast and reliable ultrahigh-performance liquid chromatography method to assess the fate of chlorophylls in teas and processed vegetable foodstuff / Delpino-Rius A., Cosovanu D., Eras J., Vilaró F., Balcells M., Canela-Garayoa R. // Journal of Chromatography A. 2018. Vol. 1568. P. 69–79. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2018.07.016>
6. Chlorophylls and carotenoids of kiwifruit puree are affected similarly or less by microwave than by conventional heat processing and storage / Benlloch-Tinoco M., Kaulmann A., Corte-Real J., Rodrigo D., Martínez-Navarrete N., Bohn T. // Food Chemistry. 2015. Vol. 187. P. 254–262. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.052>
7. Łechtańska J. M., Szadzińska J., Kowalski S. J. Microwave- and infrared-assisted convective drying of green pepper: Quality and energy

considerations // Chemical Engineering and Processing: Process Intensification. 2015. Vol. 98. P. 155–164. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cep.2015.10.001>

8. Changes in Vitamin C and Color during Cooking Of Green Peppers (*Capsicum Annuum* L) / Quiro-Muñoz F. E., Ramírez-Muñoz Á. M., Rojas-Pérez J. A., Ordoñez-Santos L. E. // TecnoLógicas. 2011. Issue 31. P. 141–150. doi: <https://doi.org/10.22430/22565337.112>

9. Identification of chlorophyll molecules with peroxy radical scavenger capacity in microalgae *Phormidium autumnale* using ultrasound-assisted extraction / Fernandes A. S., Nogara G. P., Menezes C. R., Cichoski A. J., Mercadante A. Z., Jacob-Lopes E., Zepka L. Q. // Food Research International. 2017. Vol. 99. P. 1036–1041. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.11.011>

10. Non-fluorescent and yellow chlorophyll catabolites in Japanese plum fruits (*Prunus salicina*, Lindl.) / Roca M., Ríos J. J., Chahuaris A., Pérez-Gálvez A. // Food Research International. 2017. Vol. 100. P. 332–338. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.029>